ランダムウォーク手法によるアユの挙動解析

東洋大学工学部　○学生員　下村　充　　建設技術研究所　正会員　関谷　明
東洋大学工学部　　正会員　福井　吉孝

1.はじめに

近年,既存の生態系の維持,保全が重要視され,中でも,魚類の迷入は早急に解決しなくてはならない問題の一つとなっている.

そこで,我々はアユの遊泳行動のモデル化を行った.

2.計算するモデルについて

計算モデルについては,水路中に植生がある場合での再現を試みた．実験はこれからの課題である.

3．モデルの考え方

魚の遊泳行動は,水理条件や環境条件に左右されるが,微小時間における移動は,本質的にはランダムな動きと考えられる.

ここでは,アユの遊泳行動をランダムな動きと想定し,ランダムウォークの手法を用いて計算を行った.具体的には,ある地点にいるアユが次の瞬間に移動する方向をランダムに選択させ,移動速度をその方向の特性に合わせ,変化させるものとした.

３．ランダムな動きのモデル化

線型法により小数点以下８桁の乱数Z(0≦Z≦1)を発生させ,その乱数Zに2πをかけることで流水中でのアユの移動方向θ(θ=2πZ)を0から2πの範囲で得るものとした.この時,下流方向にY軸,これと直角にX軸を置いた.θはX座標となす角であるとする.

単位時間毎の移動後のアユのいる地点の座標は,(1)式により求めるものとした.

$$\left.\begin{aligned} X_n &= V\Delta t\cos\theta + X_{n-1} \quad (0 \leqq Z \leqq 2\pi) \\ Y_n &= V\Delta t\sin\theta + Y_{n-1} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

ここで,X_n,Y_nは現在の各座標を表し,X_{n-1},Y_{n-1}は前時刻の各座標を表す.移動速度 V{=(Vm-U)×α×β}を構成するVm(単位時間毎の基準値)とα(走流性の重み値),β(側壁選好性の重み)については,以下の条件から定め,Uは平均流速を表している.

a)アユの移動距離の基準Vmについて

Vmには,遊泳実験より得た,流れとアユの相対速度1.4m/sを用いた.

b)アユの走流性αについて

走流性とは,ランダムに選ばれた角度θが流向に対し180°のとき,最も移動速度Vが速いと考えられる.アユのいる地点の流向φ(X軸となす角度)を読み取り,αの計算式(2)に代入する.

$$\left.\begin{aligned} |\phi-\theta| \leqq 180 \text{ のとき} \quad \alpha &= \frac{|\phi-\theta|}{180} \\ |\phi-\theta| > 180 \text{ のとき} \quad \alpha &= \frac{360-|\phi-\theta|}{180} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

このようにするとφ=270°θ=90°の時α=1.0となり,φ=270°θ=0°の時α=９０/180となって,結果的に走流性が表現されると考えられる.

c)アユの側壁選好性について

アユの遊泳実験より,側壁近傍を好んで遡上していく傾向が見られた.(図1)

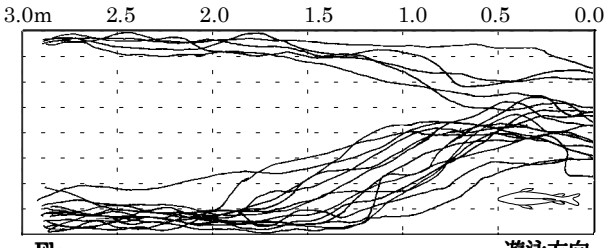

図1,アユの遊泳実験結果

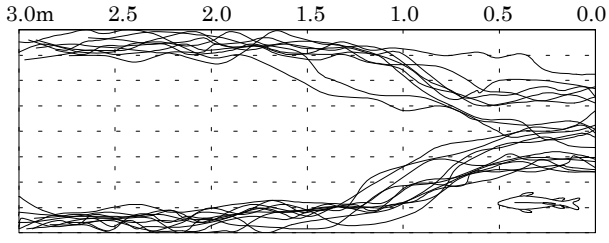

図2,数値解析結果

そこで,計算上でも側壁を選好していく値(β)を設定した.手法として,アユに視界範囲を設定した．視界範囲の半径を0.3mとし,側壁近傍に視界が入ったら,側壁へよって行くものするものである.また,側壁へ近づくにつれ,βの値は大きくなるものとした.図2はその計算結果であり,良好な結果を表現できた.

４．河道内に樹木がある場合での計算

流れの場とその場でのアユの挙動計算の条件を記す.浅水2次元方程式を差分法によって解きu, vを求めた.なお,植生の項には透過係数(K)を設定できるものとする.上記の計算によって,計算水路内の微小面積毎に水理量(u,v)が定まり,仮想魚はその微小面積毎のu,vに対し走流していくようにした.このとき,流向φと流速

キーワード：ランダムウォーク、挙動解析、魚(鮎)
連絡先　東洋大学工学部環境水工研究室
〒350-8585　埼玉県川越市鯨井2100　TEL：049-239-1404　　FAX：049-231-4482

U は(3)式より求めるものとする.

$$\left.\begin{aligned}\phi &= \cos^{-1}\left(\frac{u}{\sqrt{u^2+v^2}}\right)\\ U &= \sqrt{u^2+v^2}\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

4.1 計算条件

a)計算のメッシュ

計算上のメッシュは、仮想魚の移動距離と実験水路を考慮しΔX=ΔY=0.04m とした。

b)計算のピッチ

仮想魚の移動速度を考慮し,Δt=0.01s のときが妥当だと判断した.

c)境界条件

上流から,流量Q(=0.032m³/s)を流入させた.側壁に到達または側壁を超えた場合,仮想魚は壁際で停止し,そこから再計算するものとする.

4.2 計算結果

蛇行流れ場での仮想魚の挙動を図 3,4,5,6 に示す.図 3,4 は,側壁選好性を考慮していない場合であり, 図 5,6 は側壁選好性を考慮している場合である.図 4,図 6 は流下方向に植生群間隔を狭く置いた.結果として,仮想魚が遡上していく傾向を再現できた.側壁選好性も表現できた.さらに,上流へと計算領域を広げ,側壁選好性が表現されているか検討してみる必要がある.

参考文献

1)関谷明,福井吉孝,坂本裕嗣,湯目吏吉也:魚類の迷入の実態と防止策について,河川技術に関する論文集,第 7 巻,pp.233-238,2001.

2)全国内水面漁業協同組合連合会:魚の迷入の実体とその対策へのアプローチ,pp.157-185,1996.

3) 関谷明,下村充,坂本裕嗣, 甲田篤史,福井吉孝:,アユの行動特性と迷入防止について,水工学論文集,第 46 巻,pp.1133-1138,2002

4)関谷明,漆山啓二,福井吉孝,鈴木辰規:魚類の迷入防止対策について,河川技術に関する論文集,第 6 巻,pp.137-142,2000.

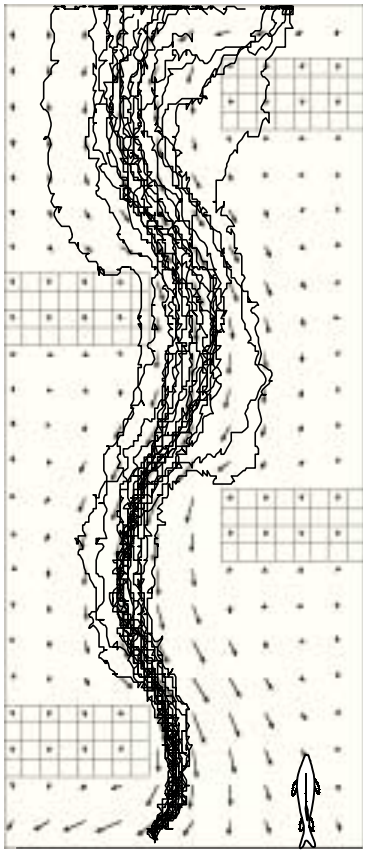

図 3, 植生群幅大,K=0.1

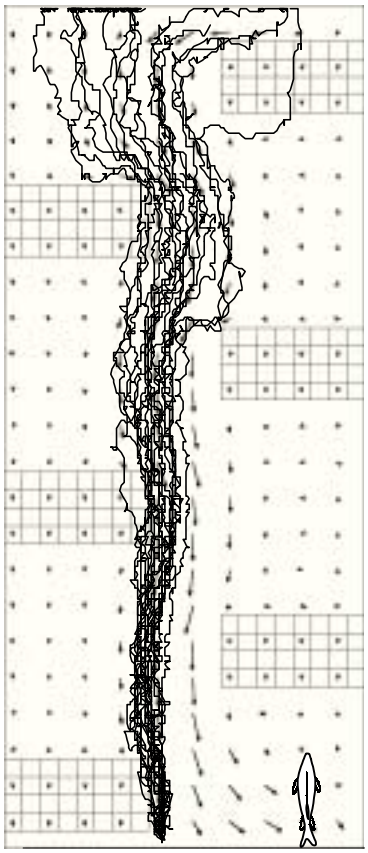

図 4, 植生群幅大,K=0.1

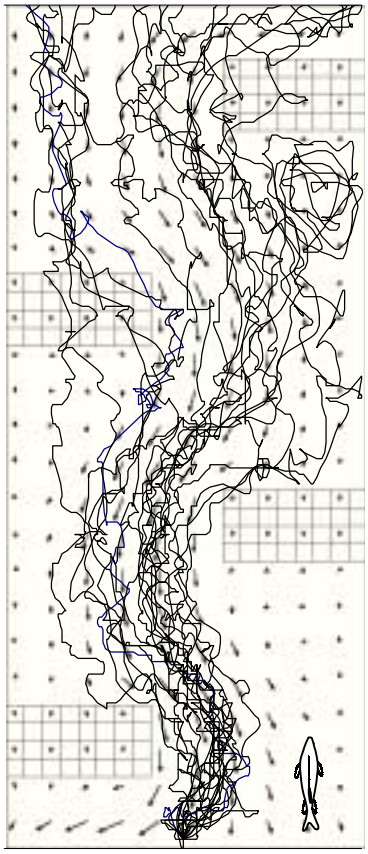

図 5, 植生群幅大,K=0.1

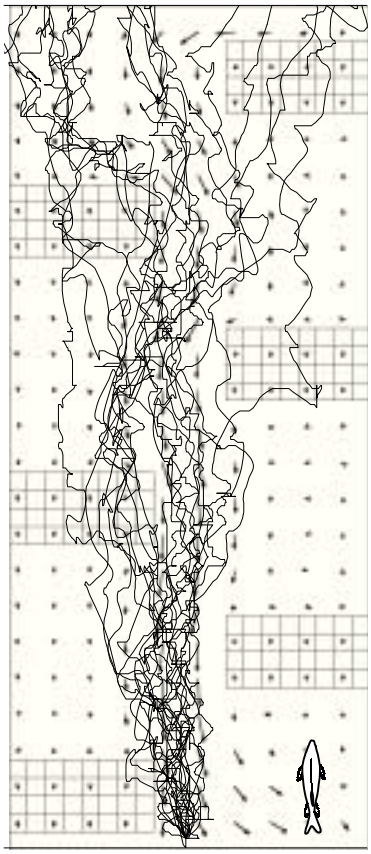

図 6, 植生群幅大,K=0.1

← 0.4m/s □ 植生